

ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННИХ ДЕФЕКТОВ НА ПРОЧНОСТЬ БОКОВЫХ РАМ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Ташкентский государственный университет транспорта

Кафедра "Вагоны и вагонное хозяйство"

Магистрант: Рузметов Мухторбек Камолович

Научный руководитель: Мансуров Юлбарсхон Набиевич

Аннотация

Тенденция повышения межремонтных пробегов грузовых вагонов с целью повышения эффективности железнодорожных перевозок наблюдается во всем мире. В перспективах развития подвижного состава стран СНГ потребуются увеличения межремонтных пробегов для ходовых частей грузовых вагонов с 500 тыс. км до 1,0 млн., и выше. Достижение таких показателей требует от разработчиков несущих элементов тележек внедрения уточненных методик прогнозирования запаса усталостной прочности, учет влияния наиболее существенных технологических факторов, снижающих ресурс деталей, деградации механических свойств сталей, оценку живучести деталей методами механики разрушения, взаимодействия с технологами. Мониторинг текущих состояний наиболее нагруженных деталей тележек на протяжении всего жизненного цикла способствует исключению из эксплуатации негодных деталей и безотказности функционирования грузовых вагонов. Непрерывно улучшаются программные продукты, позволяющие оценивать влияние на прочность большего числа вредных факторов, улучшать технологию изготовления деталей, снижать процент брака, ускорять время поставки на производство.

Ключевые слова: боковая рама, тележка грузового вагона, литейные дефекты, внутренние дефекты, излом, прочность.

В настоящее время на сети железных дорог стран СНГ сформировалась чрезвычайно неблагоприятная ситуация в сфере безопасности движения, связанная со значительным увеличением числа случаев изломов боковых рам тележек грузовых вагонов.

Ежегодно в сети железных дорог России разрушается около 7 – 20 боковых рам, что часто приводит к сходу и крушению вагонов, потерям груза, повреждению железнодорожной инфраструктуры, риску столкновения с встречными грузовыми и пассажирскими поездами.

По данным мониторинга отказов грузовых вагонов в эксплуатации, проведенного АО «O'zbekiston temir yo'llari» за последние 3 лет, причинами 137 случаев отказа, явились поломки литых боковых рам тележек в движении

подвижного состава. На рисунке 1.1 приведено распределение 137 случаев изломов рам на сети железных дорог России по годам.

Как видно из рисунка 1.1, в среднем ежегодно разрушается 4 боковых рам.

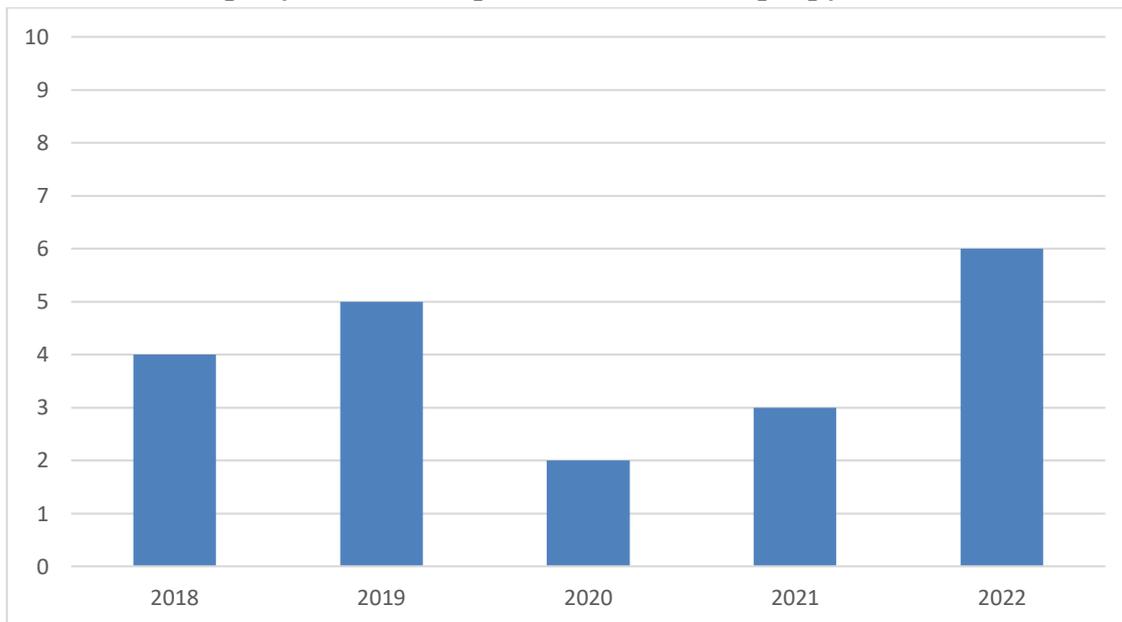


Рисунок 1 – Количество изломов боковых рам грузовых вагонов с 2018 по 2022 в сети железных дорог ОАО «O'zbekiston temir yo'llari»

Также представляет интерес сезонное распределение изломов боковых рам. Увеличение разрушений приходит в зимний период. Около 60% рам из выборки разрушилось в январе – марте. Это связано с охрупчиванием металла при пониженных температурах.

Изломы боковых рам происходят исключительно по радиусу R55 внутреннего угла буксового проема. Причинами изломов являются грубые нарушения технологического процесса изготовления отливок, которые реализуются в появлении недопустимых внутренних дефектов литейного происхождения и пониженных механических свойствах стали – пределе текучести и ударной вязкости при температуре -60°C . Соотношение этих двух основных причин примерно равно. Если наружные литейные дефекты и несоответствующие



Рисунок 2 – Излом боковой рамы по внутреннему углу буксового проема

режимы термообработки можно устранить путем ужесточения соблюдения технологической дисциплины на предприятиях, то обнаружение внутренних литейных дефектов возможно не всегда.

Зачастую, внутренние дефекты залегают в галтелях, границах ребер жесткости, Т-образных сечениях элементов боковых рам, обладающих низкой контролепригодностью для методов неразрушающего контроля. На практике, именно такие дефекты, в виде усадочных раковин и песочных засоров с острыми границами, локализованные в нагруженных зонах боковых рам, приводят к повышенной концентрации напряжений в острых вершинах. Возникновение нормальных напряжений в острых вершинах внутреннего литейного дефекта сводится к симметричному (относительно линии трещиноподобного внутреннего литейного дефекта) деформированию, то есть к трещине отрыва.

Практические исследования изломов боковых рам в стендовых испытаниях подтверждают, что усталостные трещины зарождаются в острых вершинах внутренних литейных дефектов при симметричном деформировании. Обратное симметричное деформирование (то есть поперечный и продольный сдвиг) не способствует зарождению и развитию усталостных трещин в вершинах внутренних литейных дефектов.



Рисунок 3 – Излом боковой рамы с внутренним литейным дефектом

Исследования трещиностойкости литых сталей типа 20Л позволяют установить критерии разрушения для боковых рам тележек грузовых вагонов при наличии поверхностных или краевых трещин и симметричного деформирования. Вопрос применимости установленных критериев в случаях попадания внутреннего литейного дефекта в нагруженную зону боковой рамы, подлежит изучению. Поэтому, определение экспериментальных значений критических коэффициентов интенсивности напряжений для литых сталей, с учетом внутренних остроугольных дефектов, является актуальным. Решение данного вопроса позволит уточнить имеющиеся методики расчета запаса сопротивления усталости боковых рам путем дополнительного рассмотрения стадии моделирования залегания внутренних литейных дефектов в опасных сечениях, подбора допускаемых размеров для них без потери запаса сопротивления усталости.

Кроме характеристик трещиностойкости стали боковых рам, корректное определение основных механических свойств для использования в расчетах также важно. На сегодняшний день, производители боковых рам сдают ОТК отливки по результатам механических испытаний образцов, вырезанных из отдельно залитых трэф а не из боковой рамы той же плавки. Стоит отметить, что ОСТ 32.183-2001 «Тележки двухосные грузовых вагонов колеи 1520 мм. Детали литые, рама боковая и балка надрессорная» допускает принимать ОТК отливки по результатам механических испытаний образцов, вырезанных из боковых рам. Размеры образцов для испытаний на растяжение при этом сокращены по диаметру с 10 мм до 5 мм, по расчетной длине с 50 мм до 25 мм. Уровень

механических свойств на образцах от детали может быть ниже на 20%, чем на образцах из трэф, согласно ОСТ 32.183-2001. Такой подход к определению механических свойств – предела текучести, предела прочности, относительного удлинения и сужения, ударной вязкости, имеет противоречие с известным проявлением масштабного фактора .

Общеизвестно, что с увеличением размеров образца происходит снижение механических свойств из-за больших размеров, большей вероятности наличия несплошностей металла на микроуровне, дефектов, несовершенств кристаллической решетки, запасов упругой энергии в образце и т.д. Проведенные эксперименты на однократных образцах из стали 20ГЛ показали, что при пятикратном снижении диаметра образца с 10 мм до 2 мм и удалении упруго растянутых участков, предел текучести повышается примерно на 30%. Этот эксперимент лишний раз доказывает проявление масштабного фактора.

Таким образом, рассматривая обратную задачу, механические свойства стали 20ГЛ боковых рам должны быть ниже на образцах, вырезанных из отдельных трэф, чем на образцах из детали. Заблуждение, заложенное в ОСТ 32.183-2001 по вопросу определения сдаточных механических свойств на производстве, приводит к тому что, с физической точки зрения допускаемое снижение предела текучести стали в боковой раме до 235 МПа может привести к значению предела текучести стали в трэфе ниже чем на 200 МПа, с учетом проявления масштабного фактора.

Стоит отметить, что при расчете боковой рамы на с по, критерием прочности является предел текучести стали. Так, устанавливают предел текучести для стали 20 ГЛ на уровне 294 МПа, что не согласуется с допускаемыми механическими свойствами по ОСТ 32.183-2001 с учетом разрешенного понижения на 20% предела текучести до 235 МПа при производстве боковых рам. Выявленное расхождение расчетного значения предела текучести с допускаемым на практике приводит к тому, что если конструкция боковой рамы спроектирована с небольшим запасом, то в эксплуатации возможно преждевременное ее разрушение.

Если проанализировать, конечно-элементные модели боковых рам, подвергаемые расчету на прочность, то видно, что они имеют номинальные (средние) толщины стенок по чертежу. В итоге, получается детерминированная оценка напряженного состояния боковых рам от действия эксплуатационных нагрузок, то есть не вероятностная. Отсутствие расчетов боковых рам на прочность с учетом реальной разнотолщинности в ответственных зонах, возможного изготовления с минимальными толщинами стенок по чертежу, вариации базовых размеров боковых рам, влияющих на распределение напряжений в сечениях, позволяет получить условное представление о

концентрации напряжений. На практике существуют примеры изготовления литых боковых рам тележек в строгом соответствии с чертежом, имеющим допуски на размеры, по наиболее выгодным для производства размерам, то есть минимальным толщинам стенок. Такие боковые рамы не выдерживают контрольное число циклов нагружений в испытаниях на усталость.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров, А.В. сопротивление. Основы теории упругости и пластичности: Учеб. для строит. спец. вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. Шк. 2002. – 400 с.: ил.
2. Андерсон, Е. Тележка с упругим направлением колесных пар для грузовых вагонов // Железные дороги мира. – 1988. - № 12. – 27 – 30 с.
3. Андриашевич, М.Н. Преобразование показателей сопротивления многоциклового усталости металлов для прогнозирования предела выносливости / М.Н. Андриашевич, В.В. Андреев.: сб. трудов международной научно-технической конф. «Актуальные проблемы надежности технологических, энергетических и транспортных машин». –М.: Машиностроение, Т.1, 2003. – 451с.
4. Анисимов, П.С. О параметрах перспективной двухосной тележки грузовых вагонов / П.С. Анисимов, М.Ф. Вериги, Л.О. Грачева, А.В. Кузнецов, Л.Д. Кузьмич, А.А. Львов, М.М. Соколов // Труды ВНИИВ. – 1973. – вып. 20.
5. Байков, В.П. Влияние предварительного циклического нагружения на механические характеристики стали 08Г2С / В.П. Байков, О.А. Воронцова, И.В. Троицкий и др. – Деп. в ВИНТИ 10.12.86, №3717/86.